



# 국내 석면의 노출실태

## Occupational and Environmental Asbestos Exposure in Korea

구 정 완 · 김 형 렬 | 가톨릭의대 예방의학교실 및 산업의학센터 | Jung-Wan Koo, MD · Hyoun Ryoul Kim, MD

Department of Preventive Medicine and Industrial Medical Center, The Catholic University of Korea College of Medicine

E-mail : jwkoo@catholic.ac.kr · cyclor@catholic.ac.kr

J Korean Med Assoc 2009; 52(5): 442 - 448

### Abstract

Asbestos had been produced from the 1930s to the early 1990s in Korea. There has been a gradual increase of importing asbestos until the middle 1990s in response to increased use of asbestos as Korea's economy developed rapidly. Asbestos was mainly used to make constructional material like slate, which leads to constant exposure of asbestos even after forbidding its use. It was reported that the highest level of occupational asbestos exposure occurred in asbestos textile industries. Other industries including shipbuild repair, automobile repair, and demolition work are also reported to have high level of exposure. The number of exposed workers, except for some demolition workers, is expected to be reduced since the use of asbestos has been banned from 2009. However, asbestos already used in buildings will make continuous environmental exposures. There are also several reports on naturally occurring asbestos from soils in Korea, which had already happened in Turkey, Greece, and China. The Korean government should try to give more effort to control the used asbestos and to care for exposed people.

**Keywords:** Asbestos; Textile industry; Environmental exposure

**핵심용어:** 석면; 방직산업; 환경노출

### 서론

석면은 섬유 형태를 띤 비금속성 광물로 성상에 따라 사문석 계열과 각섬석 계열로 나누고 있다. 사문석 계열에 속하는 것이 백석면이고 각섬석 계열에 속하는 것이 청석면, 갈석면, 트레몰라이트, 액티노라이트, 안소필라이트 등이다. 상업적으로 사용되고 있는 석면의 95%는 백석면이다. 석면은 물리화학적으로 안정되어 있고, 단열성, 흡음 성질, 내마모성 등이 좋아 다양한 제품을 만들 수 있는 특성을 가지고 있다. 또한 값도 저렴하기 때문에 전 세계적으로 3,000종이 넘는 제품에 광범위하게 사용되어 왔

다(1). 국내에서는 주로 석면 슬레이트, 자동차 브레이크 라이닝, 화재 방지용 살포제, 파이프 보온재, 방화외복, 전기제품 절연재, 바닥용 타일 등을 만드는 재료로 사용되었다(2). 석면은 국제암연구소에서 발암성이 확실한 물질로 규정하고 있고, 폐암과 악성중피종을 일으키는 것으로 알려져 있다. 이러한 악성 질환 외에도 석면폐증(석면증)과 흉막반 등 호흡기계에 주로 영향을 주는 양성 질환에 대한 많은 보고가 있었다.

석면에 의한 질환은 20~30년의 긴 잠복기를 가지고 다양한 질병을 일으키는 특성으로 인해 석면노출에 대한 관리가 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 이러한 특성은 각 나라마

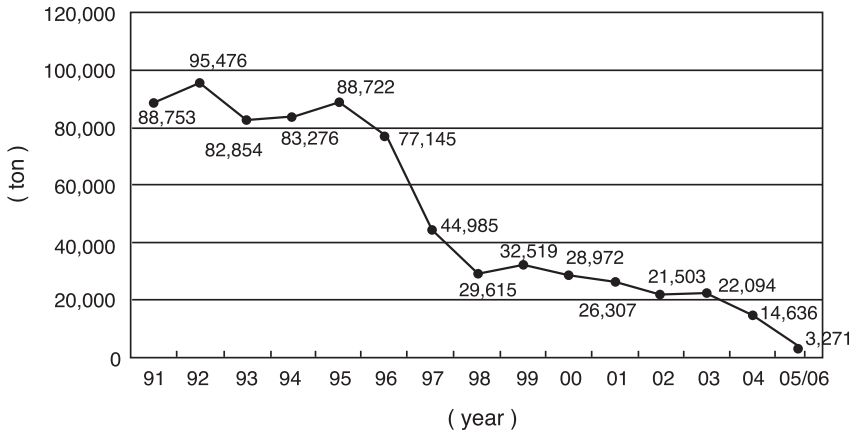


Figure 1. Yearly changes in consumption of asbestos in the Republic of Korea.

다 석면의 유해성을 알고 사용을 규제하기 시작한 시점으로부터 질병의 발생이 줄어들기 시작한 시점은 30~40년의 간격이 있다는 보고가 이를 뒷받침 하고 있다(3).

현재 국내에서 석면 사용이 어느 정도로 이루어져 왔고, 어느 업종에서 집중되었으며, 환경적인 노출이 어느 정도로 발생 가능한지를 파악하는 것은 향후 석면에 의한 질병 발생을 예측하는데 중요한 근거가 될 수 있을 것이다. 이에 본 특집에서는 국내에서 석면의 과거와 현재의 직업적 노출실태와 환경적 노출실태, 그리고 이에 대한 규제 및 관리 대책을 알아보고자 하였다.

## 국내 석면의 생산

국내에서 석면을 사용하기 시작한 것은 1930년대 석면 광산이 시작되면서 부터라고 알려져 있다. 2차 대전 중에 일본은 군수물자 조달을 위해 해군함정 등에 사용되는 석면의 수요가 급증함에 따라 국내의 석면 광산을 개발하기 시작하였고, 이때 대다수의 근로자는 한국인이었다고 한다(4). 일제시대 이후에는 잠시 생산이 중단되었다가 석면사용량의 증가로 1960년대에 다시 광산이 운영되다가 1980년대 중반 이후로는 석면을 수입하는 것이 경제적이란 판단에 따라 대다수의 석면광산 운영이 중지된 것으로 파악하고 있다(5).

## 석면의 수입량

1970년대 경제 발전을 시작하면서 1976년부터 1990년까지 수입된 석면의 양이 연간 평균 63,000톤에 이른다고 보고하고 있고, 이후로도 석면의 수입량이 증가하여 1992년에 연간 95,000톤을 수입하여 최고 수준에 이르렀다(4). 1997년에는 청석면과 갈석면의 사용이 금지되면서 석면의 수입량도 급격히 감소해 1996년에

77,145톤 수입하던 양이 1997년에는 44,985톤으로 줄어들었다. 그 이후 수입량이 급감하여 2005년도에는 1만톤 미만이며(Figure 1)(6), 2009년부터 석면 사용을 전면 금지하게 된다면 더욱 줄어들 것으로 예상된다. 그러나 석면 원재료 수입의 감소와는 달리 석면이 함유된 제품의 수입은 여전히 높은 실정이라서 1996년에 9,116톤 이던 것이 2005년에는 47,967톤으로 증가하였다(7). 이는 석면을 원재료로 하는 생산은 줄어들었다고 하지만, 여전히 석면노출의 위험이 존재하고 있다는 것을 보여주는 결과이다. 수입된 석면은 1970년대에는 대부분 건축자재인 슬레이트에 사용되었다. 이후 1990년대에는 슬레이트 뿐 아니라 보온단열제인 건축내장재, 천정판, 석면판 등에 주로 사용되었다(4).

## 국내 석면의 직업성 노출실태

국내에서 석면을 사용하는 사업장은 주로 슬레이트 제조업, 석면 방직업 및 자동차 브레이크 라이닝 제조업 등이 알려져 있다. 그 외 이차적으로 석면이 함유된 제품을 사용하여 작업하는 자동차 정비, 선박수리, 보일러제조 및 수리 등의 작업이 석면노출과 관련이 있는 직종으로 파악되고 있다.

### 1. 석면방직 산업에서의 노출

석면방직 제품은 실이나 테이프 또는 직포의 형태로 만들

어지며 이들은 배관의 보온 단열재로 주로 사용된다. 석면을 취급하는 업종 중에서도 석면방직업은 고농도 노출이 가능한 업종으로 알려져 있다(5). 이들 산업은 30인 이하의 소규모 사업장이 많아 작업환경 관리가 잘 되지 않으며, 일반적으로 분진발생 억제제를 위해 사용하는 습식작업이 불가능한 작업의 형태를 가지고 있다.

국내의 석면방직업은 일본으로부터 기계 수입을 통해 시작되었으며 그 시작 시기가 1969년으로 알려져 있다. 석면방직 제품의 석면 함유율은 일반적으로 65~100%로 높고, 길이가 상대적으로 길다고 알려져 있어 이로 인해 다른 백석면 노출에 비해 폐암 발생의 위험이 더 높은 것으로 생각하고 있다(8). 박정임 등이 조사한 자료에 의하면 6개 석면방직 공장에서 총 62개 샘플을 조사한 결과 시간가중 평균치가 0.03~11.58 f/cc로 분석되었다. 실제 노동시간을 감안하면 이 보다 훨씬 높은 노출 수준이라고 보아야 할 것이다(9). 또한 당시 조사에서 사업장내 흡연을 하거나 식사를 하는 등 추가 노출의 위험이 높았고, 작업복을 집에 가지고 가는 등 가족오염의 위험 역시 우려 될 수 있는 상황이었다. 석면방직 공장에서 석면노출의 양은 상당한 수준이라고 할 수 있으나, 1980년대를 거치며 1990년대를 지나면서 노출의 수준이 약간 감소하고 있는 추세를 확인할 수 있었다(Table 1). 최근 부산지역에서 발생한 석면방직공장을 다녔던 근로자들에서 석면폐증의 집단 발병 사례는 1970년대부터 1990년대 중후반까지 이와 같은 작업장에서 고농도의 석면에 노출된 결과라고 할 수 있다. 다른 나라에서도 석면방직공장에서 석면노출의 정도가 높다는 연구를 발표하고 있는데, Dement 등은 사업장에서 석면 분진에 대한 관리를 하기 전에는 3~78 f/cc였고, 관리가 이루어지고 난 이후에는 3~17 f/cc 정도의 농도였다고 보

고하였다(10).

따라서 국내에서 석면방직공장과 관련된 작업환경 측정 결과는 다른 나라 사례와, 당시 작업환경 측정을 수행한 사업장의 공장 가동률, 당시 근로자들의 긴 작업시간 등을 고려했을 때 과소평가된 측면이 있을 것으로 사료된다.

## 2. 석면슬레이트 제조 산업에서의 노출

1970년대에는 국내 석면의 96%를 슬레이트 제조에 사용하였다. 그 만큼 석면 슬레이트 제조는 석면을 원재료로 하는 대표적인 산업이라 할 수 있다. 그러나 슬레이트의 제조 방법이 주로 습식이므로 상대적으로 덜 높은 노출 수준을 보이고 있다. 특히 배합공정 및 성형 공정의 노출 수준은 낮은 편이며 오히려 절단, 샌딩, 포장 및 가공 공정 등에서 높은 농도 수준을 보여 주었다. 1991년에는 0.52 f/cc 수준이었고, 1993년에는 0.17 f/cc, 1996년에는 0.14 f/cc 수준으로 감소하는 경향을 보여주고 있다(4).

향후 문제는 이미 사용된 건축물의 석면슬레이트를 철거하는 과정에서의 문제다. 이미 사용된 석면은 석면의 사용을 중단한다고 하더라도 그 노출이 함께 중단되는 것이 아니라는 것을 석면슬레이트의 사례에서 확인할 수 있다.

## 3. 기타 석면 노출 작업

석면을 함유한 브레이크 라이닝 제조 공정은 과거 작업환경 측정에서 0.1 f/cc에서 1.7 f/cc 정도의 노출 결과를 제시하고 있다. 일부 연마 가공 부서에서 2 f/cc를 초과하는 경우도 보고되었다(4). 앞서 언급한 석면방직, 석면슬레이트 산업은 더 이상 운영되고 있지 않지만, 현재도 석면노출이 가능한 작업의 대표적인 작업이 건축물 해체 작업, 석면이 함유된 보일러, 장비 등을 보수하는 작업 그리고 석면이 함유된 오래된 선박을 수리하는 작업 등이다. 이러한 작업에 대한 작업환경 측정결과를 제시한 연구결과는 거의 없다. 특히 이러한 작업 공정은 비정형적인 형태의 작업이거나 영세한 형태의 사업 규모로 인해 제대로 된 작업환경에 대한 평가가 거의 이루어지고 있지 못한 실정이다. 선박을 수리하는 작업장에서 실제 석면이 함유된 배관을 자르는 작업시 공기중 석면 농도가 6.3~7.8 f/cc 수준까지 오를 수

**Table 1.** Asbestos exposure levels in asbestos textile industry

Year (Ref.)	Plants	Concentration, f/cc	
		GM	Range
1987 (5)	7	4.40	1.30~14.30
1991 (2)	4	3.11	0.10~17.30
1993 (11)	7	1.42	0.07~ 6.10
1994 (9)	6	1.54	0.03~11.58

**Table 2.** Classification of asbestos exposure level

Characteristics of exposure	Industry
Higher exposed group	Asbestos textile, Brake lining manufacturing
Intermediate exposed group	Slate
Atypically high exposure	Auto repair shop, shipbuilding repair business, demolition

있다는 연구결과도 제시되고 있다(12). 그동안의 석면노출 평가를 살펴보면, 석면방직, 브레이크라이닝 제조 등은 고노출 업종으로 파악되며, 슬레이트 제조는 상대적으로 노출의 정도가 이들 산업에 비해 높지 않았던 것으로 보인다. 또한 자동차 정비, 선박 수리 등에서는 일시적인 고농도 노출이 가능할 것으로 파악된다(Table 2).

## 석면의 환경성 노출실태

### 1. 환경성 석면노출의 해외 사례

터키, 그리스, 호주, 미국, 중국 등의 나라에서는 석면광산 및 주변 지형이나 토양에 자연적으로 존재하는 석면으로 인해 인근 주민들에서 악성중피종이 발생하는 사례가 보고되고 있다. 그리스(13), 터키(14~17), 사이프러스(18), 뉴칼레도니아(19), 호주(20), 미국(21), 이탈리아(22), 코르시카(23) 등에서 발생한 사례는 석면의 문제가 직업적 노출에 의해서만 질병을 발생시키는 것이 아니라 환경적 노출에 의해서도 심각한 문제가 발생되고 있음을 보여주고 있다. 그리스의 메트소보 지역은 자연적으로 존재하는 트레몰라이트가 많은 곳으로 이 지역 주민에서 악성중피종의 높은 발생을 보고하였다(13). 터키의 카파도키아 지방은 erionite 성분의 토양구조로 인해 사망자의 50%가 악성중피종으로 사망하는 일이 발생하기도 하였다(24). 중국의 다야오 지방에서는 여성에서 악성중피종의 발생이 암 발생중 1위를 차지하고 있는데, 이는 이 지방의 토양이 청석면으로 이루어진 특성과 관련이 있다. 이렇게 자연에 존재하는 석면으로 인해 환경적인 석면 피해를 입는 경우가 여러 차례 보고되었다. 또한 공장 주변에 사는 주민에서는 석면오염으로 인한 건강상 문제가 발생하기도 한다. 이탈리아 Casele Monferrato 지역의 석면 시멘트 공장 인근에서 발생한 악

성중피종(25), 일본에서 석면 파이프를 생산했던 구보타 공장 주변의 주민에서 악성중피종이 다수 발견된 사례가 대표적인 예가 되고 있다. 호주에서는 악성중피종으로 진단된 환자의 80%에서 폐병리소견상 일반인보다 과도한 석면소

체를 발견하여 자신이 인식하지 못하는 환경적 노출이 존재함을 보고하였다(26).

### 2. 국내 환경성 석면노출실태

국내 지하상가에서 석면노출 농도를 측정한 연구결과에 의하면 서울에서 0.0007~0.0045 f/cc (27), 대전에서 0.003 f/cc 가 측정되었다(28). 환경기준치에 못 미치는 결과이긴 하나 외부의 공기에서 석면이 검출되지 않는 결과에 비하면 의미있는 검출이라고 할 수 있다. 지하공간의 대표적인 곳이 지하철이라고 할 수 있는데, 최근 몇 개 역사에서 석면을 뿜칠한 곳이 확인되고 있어, 이를 이용하는 시민들의 석면노출이 우려되고 있는 실정이다. 건축물 해체 작업 시 인근 지역에서 석면노출 수준을 평가한 연구결과를 보면 건축물 해체 지점으로부터 17 m 거리에서 0.052 f/cc 로 환경 노출 기준을 초과한 결과를 제시하기도 하였다(29). 대형건물 내에 비고형 석면 함유 건축자재가 많이 사용된 곳은 석면의 실내공기 오염을 가능케 할 수 있는데, 김현욱의 연구에 의하면 지하 주차장에서 채취한 시료 39개중 11개(28.2%)에서, 건물내에서 채취한 시료 19개 중 8개(42.1%)에서, 대기중 시료 20개중 1개(5%)에서 0.01 f/cc 를 초과하는 측정 결과를 보여 주었다. 건축물 내에 함유되어 있는 석면이 실내 공기를 통해 사람에게 흡입될 수 있음을 보여주는 결과이다(1).

국내에서도 다른 나라의 사례와 유사한 토양에서 자연발생되는 석면으로 인한 환경 피해가 우려되고 있다. 우리나라의 경우, 석면은 사문암 지역과 백운암 지역에서 산출된다. 사문암 지역은 지구조 운동과 관련되어 있으며 모암은 초염기성암이다. 후자는 화성 마그마의 관입과 연관되어 있으며, 모암은 석회암이다. 석면은 사문암체 내에 열극을 따라 석면화가 이루어진 것으로 주로 백석면이 발견된다. 이

사문암은 화강암질 편마암과 이를 관입한 초염기성암체로 구성되어 있으며, 사문암으로부터 석면 광체가 존재한다(30). 충남 지역은 옥천대에 인접한 경기편마암 복합체의 단층대에서 존재하고, 울산지역은 중생대 경상계 퇴적 분지와 신생대 3기 퇴적 분지의 접촉부에서, 안동지역은 경상계 퇴적 분지와 선 캄브리아기의 지리산 복합체가 접하는 지역에서 나타나고 있다. 충남 지역의 석면 광상은 모암인 사문암과 돌로마이트가 파쇄대를 따라 상승한 열수에 의한 열수 변질작용으로 생긴 것으로 보고 있다(31).

우리나라에서는 과거 1900년도 초기부터 군수용으로 일제에 의해 주로 개발되어 채광되었으나, 해방되면서 석면 생산이 급격히 감소한 후 거의 폐광되었다. 해방 당시 전국에 총 28개의 광산이 있었으며 남한에는 16곳(충북 제천 7, 충주 2, 충남 서산 2, 당진 1, 광천 1, 강원 김화 2, 영월 1)에서 석면을 생산한 적이 있다고 알려져 있었다(4). 그러나 경제 발전으로 사용이 증가함에 따라 석면을 다시 채광하여 1978년부터 1983년까지 연간 1만톤을 생산하였지만, 빈약한 광맥과 인건비 상승 등의 경제적인 요인으로 생산이 중단되었다. 우리나라에서 사용되는 15종의 광물 중에는 백석면, 청석면, 토면 등 9종의 석면이 함유되어 있었다. 모든 사문석에는 백석면이 함유되어 있으며, 또 활석, 토면, 석유피, 질석, 비석에도 석면 섬유가 함유되어 있는 것으로 보고되었다. 그러나 최근 일부 연구 발표되는 논문에서 확인한 바에 의하면 폐광된 것으로 알려진 광산에서 아직도 사문석 광물을 생산하고 있고, 다른 광물이 발견되어 다시 채광을 재개한 경우도 있는 것으로 알려져 있다(30). 폐광 지역은 복원을 하여 석면이 재비산하지 않도록 하여야 하는데 일부 폐광 지역에서는 아직도 복원이 되지 않고 광맥이 그대로 드러나도록 방치한 실정에 있다. 또 채광된 광물을 저장한 곳이나 광물을 가공한 지역에서는 복원되지 않았을 경우 남아있는 석면에서 석면섬유가 방출될 위험이 그대로 있다. 이러한 사실은 일본 아이치현의 백석면 광산 주변에서 조사한 결과에 극명하게 나타나 있는데(32), 가동 중인 석면광산 경계선에서 석면섬유 농도는 384 fiber/L, 폐광된 주변에서 농도는 12 fibers/L, 사문석 지역에서는 5 fibers/L 이었던 반면, 비교대상 지역은 < 2 fibers/L 이었다.

석면광산에서 발생된 석면 섬유는 주변 환경으로 확산되어 오염을 전파하게 되는데, 석면 농도는 발생원에서 1 km 정도 떨어지면 배경 농도와 비슷해진다. 석면 발생원에서 상당히 멀리 떨어진 거리(2.5 km 이상)에서도 악성중피종 발생 위험도가 높았다는 연구가 있으며(22), 악성중피종 발생 위험도는 발생원에서 매 10 km 증가할 때마다 6.3%씩 감소한다는 연구가 있다(21). 캘리포니아에서 수행된 이 연구에서는 자연적으로 존재하는 석면과 주변 거주지역과의 거리가 가까우면 가까울수록 주민들에서 악성중피종 위험이 높아짐을 제시하였다.

## 국내 석면노출에 대한 규제 실태

현재 서구유럽의 대다수 나라들에서 석면의 수입, 사용과 이를 이용한 제도가 금지되어 있다. 국내에서는 1997년 석면 중에서 각섬석 계열의 청석면과 갈석면이 사용이 금지되었다. 이후 2003년에 액티노라이트, 트레몰라이트 등의 각섬석 계열이 추가로 금지물질로 지정되었다. 그러나 석면사용의 대부분을 차지하고 있던 백석면은 여전히 많은 양이 사용되고 있었다. 백석면의 독성이 상대적으로 낮아 잘 관리해서 사용하면 덜 위험하다는 주장이 이를 생산하는 국가들이나 기업들을 중심으로 제기되기도 하였다. 그러나 일본의 구보타 사건 등을 경험하면서 국내에서도 백석면의 금지를 위한 계획을 수립하였고, 2006년에 석면을 함유한 자동차 부품, 시멘트 사용 및 제조 금지, 2009년에는 0.1% 이상 함유한 석면 함유제품 사용을 전면 금지하였다. 그러나 앞으로 석면 사용이 금지된다고 하더라도 이미 사용된 석면에 의해 노출은 지속적으로 발생할 수밖에 없다. 이에 대해 2007년 2월 보건규칙을 개정하여 석면이 사용된 건축물을 해체하는 과정에 대해 반드시 사전조사를 실시하고 석면해체 및 제거 작업시 작업방법 및 비산 방지, 근로자 보호 등을 위한 계획을 수립하도록 법적인 규정을 마련하였다. 그러나 석면이 함유된 건축물을 해체하는 과정을 관리감독하기에는 여러 한계가 노출되고 있어 실제 불법적인 철거를 통해 석면의 환경적 노출이 우려될 수 있는 상황이라 할 수 있다.

## 결론

국내에서 1930년대 석면광산을 통해 석면노출이 이루어진 이후 1970년대부터 본격적인 석면사용과 노출이 시작되었다. 직업적인 노출로는 석면방직이 가장 높은 고농도 노출을 보여주었고, 자동차 정비나 건축 해체 작업등에서 비정형적인 일시적 고농도 노출을 보여 주었다. 석면의 건강위해성이 알려지면서 석면의 사용을 금지하는 조치들이 실행되고 있지만 실제 석면을 함유한 제품들의 수입은 최근까지도 증가 추세에 있었으며, 석면 사용이 금지된다고 하더라도 이미 사용된 석면을 해체하거나 처리하는 과정에서 석면노출이 지속적으로 이루어질 수 있다. 또한 석면이 함유된 건축자재로부터 실내 공기를 오염시키거나 지하 공간에서 석면의 노출 등은 당면한 환경적 석면노출의 문제이며, 토양 등에 자연으로 존재하는 석면은 이들 지역에 거주하는 지역 주민들의 석면으로 인한 건강문제를 일으킬 수 있는 가능성을 가지고 있다. 이에 대해 정부에서는 석면에 대한 사용 금지 등의 규제 정책을 마련하고 있으나, 이미 사용된 석면의 마모, 철거 등에 대한 관리가 잘 이루어지지 못할 경우 앞으로도 지속적인 석면의 환경내 노출과 이로 인한 건강 영향이 우려되는 상황에 이를 수 있을 것이다. 최근 석면이 함유된 의약품, 화장품, 아기용품 등의 문제는 석면노출이 이에 노출된 직업인들만의 문제가 아님을 보여주고 있다. 우리사회에 광범위하게 사용되었고 일반국민들에게 노출되어 있는 석면에 대해 이를 적절히 관리하고 노출을 최소화할 수 있는 국가적인 대책의 필요성을 부각시키고 있다.

## 참고문헌

- Kim HW. Asbestos content in friable sprayed on surface material and airborne fiber concentrations in commercial buildings. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1995; 5: 137-146.
- Paik NW, Lee YH. Characterization of worker exposure to airborne asbestos in asbestos industry. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1991; 1: 144-153.
- Lin RT, Takahashi K, Karjalainen A, Hoshuyama T, Wilson D, Kameda T, Chan CC, Wen CP, Furuya S, Higashi T, Chien LC, Ohtaki M. Ecological association between asbestos-related diseases and historical asbestos consumption: an international analysis. *Lancet* 2007; 369: 844-849.
- Choi JK, Paek DM, Paik NW. The production, the use, the number of workers and exposure level of asbestos in Korea. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1998; 8: 242-253.
- Park DY, Paik NW. Worker exposure to asbestos fibers in asbestos slate manufacturing and asbestos textile industries. *Kor J Env Hlth Soc* 1988; 14: 13-27.
- Park D, Choi S, Ryu K, Park J, Paik N. Trends in occupational asbestos exposure and asbestos consumption over recent decades in Korea. *Int J Occup Environ Health* 2008; 14: 18-24.
- Kim HW. Prevention of asbestos related disease. Occupational Safety and Health Research Institute (OSHRI), 2006: 1-18.
- Henderson DW, Rödelberger K, Woitowitz HJ, Leigh J. After Helsinki: a multidisciplinary review of the relationship between asbestos exposure and lung cancer, with emphasis on studies published during 1997-2004. *Pathology* 2004; 36: 517-550.
- Park J, Yoon CS, Paik NW. A study on exposure among asbestos textile workers and estimation of their historical exposures. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1995; 5: 16-39.
- Dement JM, Harris RL, Symons MJ, Shy CM. Exposures and mortality among chrysotile asbestos workers. Part I: exposure estimates. *Am J Ind Med* 1983; 4: 399-419.
- Oh SM, Shin YC, Park DY, Park DU, Chung KC. A study on worker exposure level and variation to asbestos in some asbestos industries. *Korean Ind Hyg Assoc J* 1993; 3: 100-109.
- Paek DM, Paik NW, Choi JD, Son MA, Im JG, Lee WJ, Moon YH, Park JS, Choi BS. Prevalence of asbestosis in Korean asbestos industry. *Korean Soc Occup Environ Med* 1995; 7: 46-57.
- Constantopoulos SH, Malamou-Mutsi VD, Goudevenos JA et al. High incidence of malignant pleural mesothelioma in neighbouring villages of Northwestern Greece. *Respiration* 1987; 51: 266-271.
- Senyigit A, Babayigit C, Gökirmak M, Topçu F, Asan E, Coşkunsel M, İşik R, Ertem M. Incidence of malignant pleural mesothelioma due to environmental asbestos fiber exposure in the Southeast of Turkey. *Respiration* 2000; 67: 610-614.
- Hasanoglu HC, Yildirim Z, Ermis H, Kilic T, Koksall N. Lung cancer and mesothelioma in towns with environmental exposure to asbestos in Eastern Anatolia. *Int Arch Occup Environ Health* 2006; 79: 89-91.
- Metintas M, Metintas S, Hillerdal G, Ucgun I, Erginel S, Alatas F, Yildirim H. Nonmalignant pleural lesions due to environmental exposure to asbestos: a field-based, cross-sectional study. *Eur Respir J* 2005; 26: 875-880.
- Metintas S, Metintas M, Ucgun I, Oner U. Malignant

- mesothelioma due to environmental exposure to asbestos: follow-up of a Turkish cohort living in a rural area. *Chest* 2002; 122: 2224-2229.
18. McConnochie K, Simonato L, Mavrides P, Christofides P, Pooley FD, Wagner J. Mesothelioma in Cyprus: the role of tremolite. *Thorax* 1987; 42: 342-347.
  19. Baumann F, Rougier Y, Ambrosi JP, Robineau BP. Pleural mesothelioma in New Caledonia: An acute environmental concern. *Cancer Detec Prev* 2007; 31: 70-76.
  20. Hansen J, de Klerk NH, Musk AW, Hobbs MS. Environmental exposure to crocidolite and mesothelioma: exposure-response relationships. *Am J Respir Crit Care Med* 1998; 157: 69-75.
  21. Pan XL, Day HW, Wang W, Beckett LA, Schenker MB. Residential proximity to naturally occurring asbestos and mesothelioma risk in California. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172: 1019-1025.
  22. Magnani C, Dalmaso P, Biggeri A, Ivaldi C, Mirabelli D, Terracini B. Increased risk of malignant mesothelioma of the pleura after residential or domestic exposure to asbestos: a case-control study in Casale Monferrato, Italy. *Environ Health Perspect* 2001; 109: 915-919.
  23. Rey F, Viallat JR, Boutin C, Farisse P, Billon-Galland MA, Hereng P et al. Les mesotheliomes environnementaux en Corse du nord-est. *Rev Mal Respir* 1993; 10: 339-345.
  24. Carbone M, Emri S, Dogan AU, Steele I, Tuncer M, Pass HI, Baris YI. A mesothelioma epidemic in Cappadocia: scientific developments and unexpected social outcomes. *Nat Rev Cancer* 2007; 7: 147-154.
  25. Maule MM, Magnani C, Dalmaso P, Mirabelli D, Merletti F, Biggeri A. Modeling mesothelioma risk associated with environmental asbestos exposure. *Environ Health Perspect* 2007; 115: 1066-1071.
  26. Leigh J, Davidson P, Hendrie L, Berry D. Malignant mesothelioma in Australia, 1945-2000. *Am J Ind Med* 2002; 41: 188-201.
  27. Yoo YS, Kim JG. Airborne asbestos concentrations of various locations in Seoul. *J KAPRA* 1989; 5:36-41.
  28. Chung HJ, Baek SH, Kim JH. A study on asbestos concentration of underground shops in Daejeon area. *J Kor Soc of Env Adm* 2002; 7: 207-215.
  29. Choi CG, Kim CN, Roh YM, Roh JH. Exposure level of releasing asbestos during building destruction work. *Korean Soc Occup Environ Med* 2002; 12: 195-201.
  30. Woo YG, Park JS. Alteration processes of ultramafic rocks in the Beebong serpentine ore deposits area, Choongnam, Korea. *J Nat Sci* 2003; 10: 41-50.
  31. Woo YG, Kang HJ. Alteration of serpentinites on Weolhyeon serpentine ore deposits in Hongseong County, Choongnam, Korea. *J Korean Earth Sci Soc* 1999; 20: 189-198.
  32. Sakai K, Hisanaga N, Kohyama N, Shibata E, Takeuchi Y. Airborne fiber concentration and size distribution of mineral fibers and area with serpentine outcrops in Aichi Prefecture, Japan. *Ind Health* 2001; 39: 132-140.



## Peer Reviewers' Commentary

건물 해체작업과 잦은 지하철 이용 등으로 인한 석면노출 문제가 최근 심각한 사회문제로 부각되고 있다. 이 논문은 그 동안 관심 밖에 있었던 우리나라 석면 피해에 대하여 경각심을 일깨우는 역할을 하고 있다. 특히 최근 유아용품과 화장품류의 재료에서도 석면이 발견되어 국민들의 관심이 높은 이 때, 시의 적절하게 잘 기획된 논문으로 평가된다. 석면에 의한 피해에 대해서는 악성중피종 등 관련 질환의 발생 통계가 국내에서는 비교적 낮게 보고되어 왔다. 이는 매우 긴 잠복기라는 질병의 특성과 전문가 부족 등으로 인하여 과거 노출의 추적이나 관리가 미비했던 것 등이 원인이었을 것이다. 최근 산업안전보건연구원에 의해 중피종 감시체계가 운영되어 국내에 발생하는 악성중피종의 증례를 파악하려는 노력이 시도되고 있으며, 일반 환경에 대한 피해 조사도 이루어지고 있다. 이와 함께 석면에 노출된 근로자나 지역 주민들의 구체적인 실태를 파악하여 피해를 줄이기 위한 건강관리, 피해보상 등을 위한 제도가 마련되어야 할 것이다. 아울러 건물 해체 및 제거시 석면노출로부터의 안전성을 제고하는 것이 필요하겠다. 이 분야에 대해 많은 경험이 축적되었을 필자의 이 논문은 우리 국민이 과거부터 석면에 어떻게 노출되어 왔고 현재는 어떻게 노출되고 있는가를 확인하고, 관리 대책을 세우는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

[정리: 편집위원회]